

CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD TORMENTOSA EN EL ENTORNO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Jorge González Márquez
Delegación Territorial de AEMET en Madrid

RESUMEN: En este trabajo se presentan los aspectos generales de la distribución espacial y temporal de las tormentas eléctricas en la península ibérica y alrededores. Se verá que dicha distribución no es arbitraria sino que obedece al ciclo anual de la Tierra en su traslación alrededor del Sol y al ciclo diurno en su rotación alrededor de sí misma, todo ello moldeado por factores como la circulación general atmosférica, la orografía o la temperatura del agua del mar, entre otros. Veremos la distribución anual, por estaciones, por meses y por horas, así como la representación del mes más y menos tormentoso del año, o el intervalo horario más y menos tormentoso del día, todo ello basado en el número de descargas eléctricas y no en el número de días de tormenta. Un estudio de AEMET basado en el número de días de tormenta lo realizaron Francisco Pérez Puebla y César Zancajo Rodríguez, con el título «La frecuencia de las tormentas eléctricas en España». Asimismo, el concepto de día de tormenta puede consultarse en el Calendario Meteorológico 2008, pág. 223.

Los datos de partida para este trabajo son los de la Red de descargas eléctricas de AEMET, entre 1995 y 2014, tomando como unidad de muestreo rejillas de 0,1° (por tanto, algo más pequeñas las del norte que las del sur). El área de estudio es el de la península ibérica y alrededores, incluyendo zonas marítimas, pero no se han incluido las islas Canarias ya que la Red se implantó allí recientemente y no hay una serie larga de datos de la zona. Sí se hará sin embargo alguna mención aislada referente a las islas.

Todos los mapas que se muestran tienen apariencia de cuadros de punto de cruz debido a que ahí se asocia un punto de color a cada cuadrícula, de manera que algunos son algo complicados de interpretar. Los círculos en blanco indican la posición de las capitales de provincia españolas.

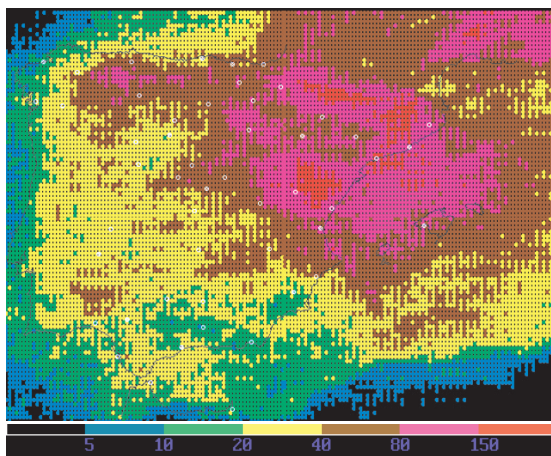


Figura 1. Intensidad y frecuencia de la actividad tormentosa anual según la escala de colores siguiente: muy alta (color rojo); alta (rosa); media-alta (marrón); media-baja (amarillo); baja (verde); muy baja (azul); nula (negro).

1. NÚMERO MEDIO ANUAL DE DESCARGAS ELÉCTRICAS EN CADA CUADRÍCULA

El mapa-mosaico superior muestra en colores el número medio anual de descargas eléctricas en cada cuadrícula de 0,1°. Se aprecia la máxima actividad (color rojo, entre 150 y 300 descargas eléctricas anuales, correspondiente a actividad tormentosa muy alta) en la zona más oriental del Sistema Ibérico, concretamente en el entorno de la sierra de Gúdar, y en particular y no por casualidad en la llamada sierra del Rayo, entre las localidades turolenses de Mosqueruela y Fortanete. Se aprecia también un máximo en todo el eje central de los Pirineos, y en puntos de Cataluña, tanto del interior como de la costa y mar cercano a ella.

En color rosa (entre 80 y 150 descargas eléctricas anuales, correspondiente a actividad tormentosa alta), aparece una amplia zona que abarca casi todo el cuadrante noreste de la península ibérica, así como el mar Mediterráneo hasta las islas Baleares, llegando dicha área por el sur hasta el golfo de Valencia y el entorno del cabo de la Nao. De forma más aislada aparecen puntos también en la Cordillera Cantábrica, Navarra y área más oriental del Sistema Central.

En color marrón (entre 40 y 80 descargas eléctricas anuales, que corresponden a actividad tormentosa media-alta) se aprecia una zona a continuación de la anterior, que abarca el Cantábrico oriental, la parte no central de la Cordillera Cantábrica, los Montes de León, el País Vasco, el valle del Ebro, la zona oriental de ambas mesetas, los Montes de Toledo, Sierra Morena, sistemas subbéticos (Jaén, Albacete, Murcia, Alicante, Valencia...), y el mar Mediterráneo al sur de las islas Baleares. También algún punto cerca de Tarifa.

En color amarillo (entre 20 y 40 descargas anuales, correspondientes a actividad tormentosa media-baja) aparece la parte occidental del mar Cantábrico, y en general toda el área peninsular de influencia atlántica, como es Galicia, la costa de Asturias, la zona occidental de ambas mesetas, el Sistema Central occidental, casi toda Andalucía incluyendo Sierra Nevada, el sur de Alicante (provincia que destaca por el fuerte contraste entre el norte y el sur), y casi todo el mar Mediterráneo sur.

En color verde (entre 10 y 20 descargas eléctricas anuales, correspondientes a actividad tormentosa baja) aparece gran parte de la costa atlántica, el golfo de Cádiz, los valles interiores de Andalucía, la costa y las zonas bajas de Murcia, y áreas del mar Mediterráneo frente a Andalucía.

En color azul (entre 5 y 10 descargas eléctricas anuales, que corresponden a actividad tormentosa muy baja) se aprecian pocos puntos, destacando los del valle del Genil, el mar de Alborán, el mar frente a Galicia y el mar Mediterráneo muy al sur, cerca ya de Argelia.

Finalmente, en color negro (menos de 5 descargas eléctricas anuales, correspondientes a actividad tormentosa prácticamente nula) aparecen zonas en los límites del mapa, que probablemente en la mayoría de los casos no se corresponden con la realidad sino que se deben a la falta de cobertura de la Red de descargas eléctricas en áreas tan alejadas. Este efecto probablemente también se producía en las zonas en azul de los límites del mapa.

A continuación vemos brevemente cómo es la distribución por estaciones del año.

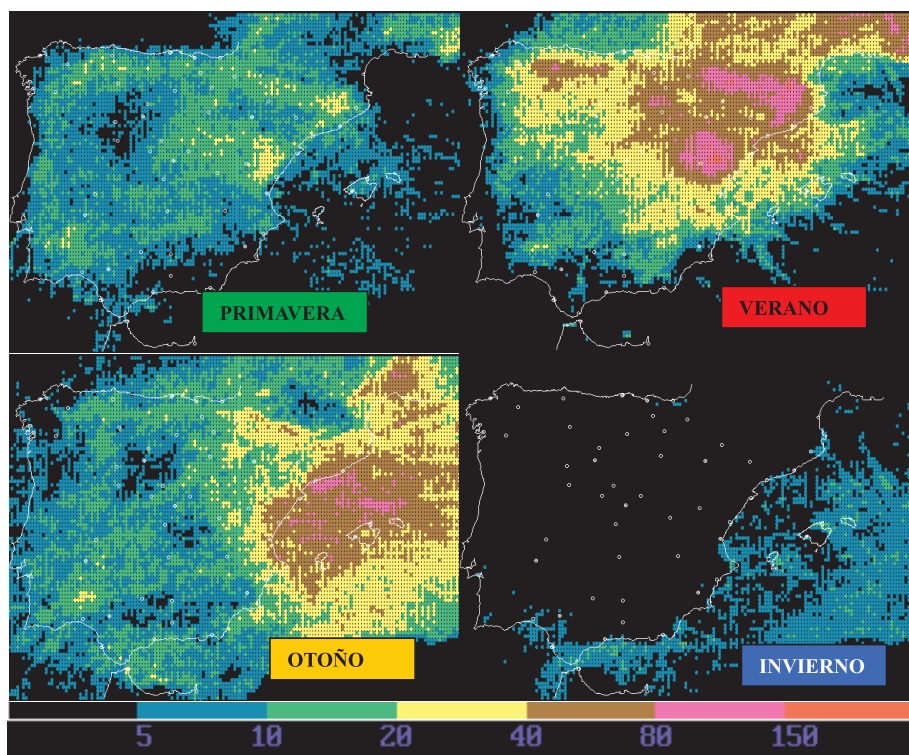


Figura 2. Número medio de rayos por cuadrícula para cada estación del año.

2. DISTRIBUCIÓN POR ESTACIONES DEL AÑO

Los cuatro mapas de la figura 2 muestran la distribución de las descargas eléctricas por estaciones del año.

El mapa de PRIMAVERA (marzo, abril, mayo) se caracteriza porque marca muy bien la diferencia entre tierra y mar, destacando la escasa actividad sobre este último y mayor actividad sobre tierra, con poca diferencia entre montañas y zonas bajas. Destacan algo más el Sistema Ibérico y los Pirineos, zonas de máximos absolutos anuales, aunque aún con valores moderados, y son llamativos los huecos de actividad en el valle del Duero y en el árido sureste peninsular.

El mapa de VERANO (junio, julio, agosto) muestra unos valores mucho más altos que el de primavera y se parece al mapa del total anual, al menos en las zonas peninsulares. Quedan muy bien marcados los máximos de los Pirineos y el Sistema Ibérico, y se observa un notable incremento de actividad en el Mediterráneo norte y en las islas Baleares (que corresponde sobre todo al mes de agosto, como veremos). Asimismo, se rellena el hueco primaveral del valle del Duero. Por el contrario, las tormentas siguen siendo escasas o nulas en todo el mar y costa de Andalucía, e incluso desaparecen del extremo sur de esta región y del golfo de Cádiz. Es llamativo también el fuerte contraste entre el Mediterráneo norte y el sur.

El mapa de OTOÑO (septiembre, octubre, noviembre) se parece mucho al de primavera dentro de la península ibérica, pero es radicalmente distinto en el mar Mediterráneo e islas Baleares, donde ahora se alcanzan valores muy elevados de actividad tormentosa, claramente los máximos del año, siendo destacable la intensa actividad en el triángulo marítimo formado por Cataluña, Valencia y Baleares. Si el verano era la estación en la que había más descargas eléctricas en general, el otoño es la estación en la que, sin ser tan numerosas en términos generales, sí abarcan un área más extensa, incluyendo ahora todo el Mediterráneo y también el sureste peninsular.

Finalmente, el mapa de INVIERNO (diciembre, enero, febrero) muestra, como era de esperar, la mínima actividad anual en términos generales, dándose casi exclusivamente en zonas marítimas y costeras. Dentro de la península ibérica la actividad es casi nula, salvo en el valle del Guadalquivir y estrecho de Gibraltar. En el mar Mediterráneo hay más tormentas cuanto más al sur y hacia el este, a diferencia de lo que ocurría en verano y otoño, habiendo puntos en los que la máxima actividad anual se produce ahora, tal y como se verá en el apartado correspondiente.

A continuación veremos con más detalle la distribución por meses, comenzando por abril para separar el semestre estival del semestre invernal, siguiendo el ciclo anual de las tormentas. Se mencionará en cada uno de los meses, aparte de otros aspectos de interés, qué zonas geográficas tienen a dicho mes como el más tormentoso del año y las que lo tienen como el menos tormentoso, complementándose este apartado con los dos mapas que se muestran en la figura 3.

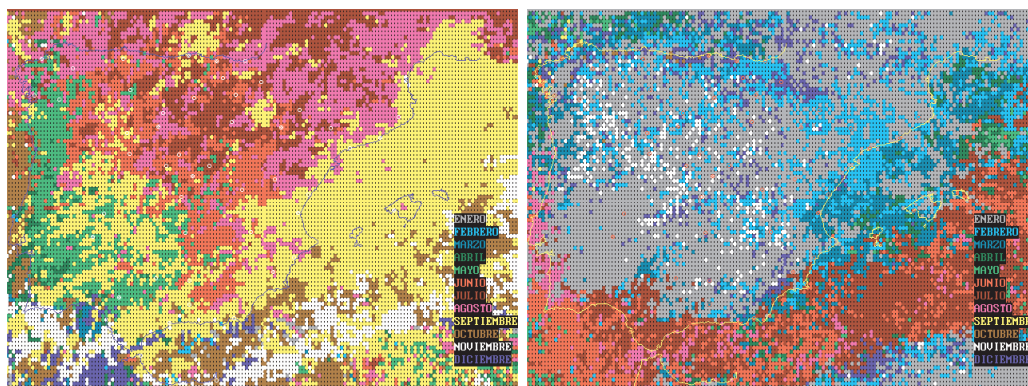


Figura 3. El mes más tormentoso (a la izquierda) y menos tormentoso (a la derecha).

3. CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD TORMENTOSA DEL SEMESTRE ESTIVAL

ABRIL. En el mes de abril comienza a despertar tímidamente la actividad tormentosa asociada al calor diurno, de manera que empiezan a destacar los máximos de los Pirineos y Sistema Ibérico, que

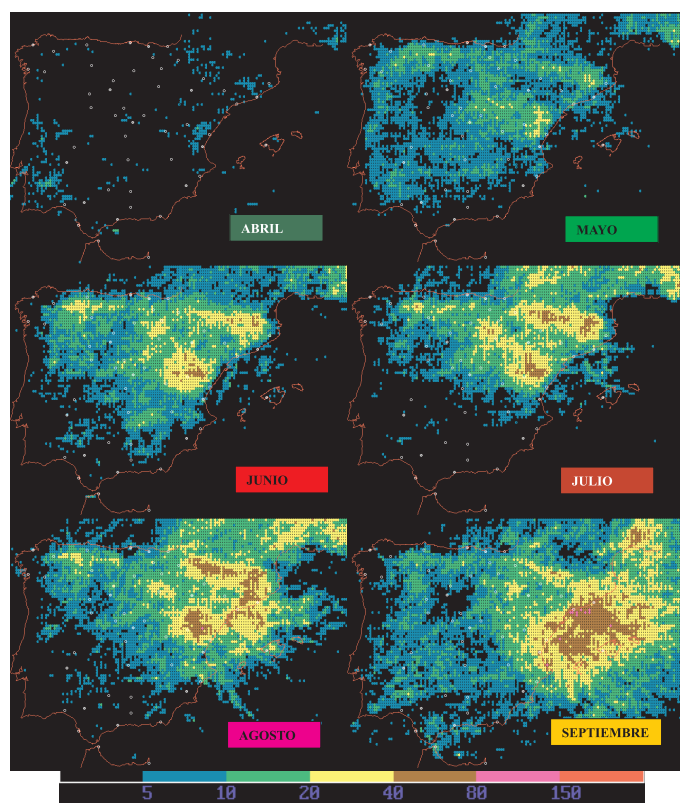


Figura 4. Número medio de rayos por cuadrícula para cada mes (semestre estival).

tanto se remarcarán después en verano, si bien aún se ven superados por la actividad de Andalucía occidental y Extremadura, zonas en las que, como veremos, las tormentas serán escasas en verano. En las áreas marítimas hay también poca actividad aún y en general es superior en el sur que en el norte.

ABRIL es el mes más tormentoso del año en muy pocas zonas, únicamente en sierras de Extremadura, Andalucía occidental y Galicia. También en puntos marítimos dentro del golfo de Cádiz y cerca del estrecho de Gibraltar. Como mes menos tormentoso del año destaca abril en parte de la zona marítima de Galicia y Asturias. También en áreas del Mediterráneo entre Ibiza y Mallorca, norte de Menorca y golfo de León.

MAYO. En este mes sí empieza realmente la convección peninsular asociada al calor, pareciéndose a un mes de verano, y en el cual pueden producirse las primeras tormentas severas. La actividad se distribuye de manera regular por las zonas peninsulares y destaca algo más en las montañas, siendo muy escasa o nula en el árido sureste peninsular y en el mar Mediterráneo al sur de las Balears. También se ven huecos de escasa actividad en la parte central del valle del Duero.

MAYO es el mes más tormentoso del año en amplias zonas de la península ibérica de influencia atlántica, a menudo igualado con septiembre. Destaca sobre todo en Extremadura y Andalucía, especialmente en su parte occidental, aunque también en zonas orientales con clima de influencia atlántica, como la sierra de Cazorla. Asimismo lo es en áreas de Galicia, Castilla y León, y oeste de Madrid y Castilla-La Mancha, aunque en esta comunidad se aprecia algún punto también al este. Como mes menos tormentoso del año, mayo no aparece en ningún punto del interior peninsular, siendo también escasa su localización en zonas marítimas, únicamente lo hace de forma aislada frente a Galicia y Asturias, en general igualado con abril, y también en un área entre Menorca y el golfo de León. Asimismo, se ven puntos aislados en el golfo de Cádiz y alguno por el Mediterráneo sur, como preludio de lo que será normal en todo el verano.

JUNIO. La actividad tormentosa del primer mes de verano se parece a la de mayo, aunque con dos matices, uno que la actividad es en general más intensa ahora, y otro que dicha actividad empieza a desaparecer de gran parte de Andalucía y Extremadura, manteniéndose solo en sus zonas

montañosas. Hay bastantes tormentas ahora en las dos mesetas, valle del Ebro y en las cordilleras principales, destacando los máximos del Sistema Ibérico, Cordillera Cantábrica y Pirineos orientales. También hay actividad de importancia en los sistemas subbéticos. En el mar Mediterráneo la actividad es aún escasa, siendo solo apreciable en zonas cercanas a la Península.

Junio es el mes más tormentoso del año en una amplia franja central de la península ibérica, abarcando la mayor parte de Castilla y León, Madrid, y zona oriental de Castilla-La Mancha, es decir, básicamente las dos mesetas, también en el Sistema Ibérico oriental y Montes de Toledo, aquí igualado con mayo. Más hacia el sur, la franja abarca la sierra de Alcaraz, entre Albacete y Jaén, Sierra Morena, y llega hasta la sierra de Cazorla y tierras altas que hay desde aquí hasta Sierra Nevada. Por el lado septentrional, la franja de junio llega hasta los Montes de León, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra o La Rioja, aunque en la mayoría de casos alterna sus máximos con julio. Como mes menos tormentoso del año, junio empieza a ser importante en amplias zonas marítimas. Destaca sobre todo en el Atlántico sur y golfo de Cádiz, así como en el Mediterráneo sur, desde Melilla hasta Menorca, a menudo igualado o superado por julio. Dentro de la península ibérica solo se aprecian puntos en la costa de Huelva y Cádiz.

JULIO. El mes de julio se caracteriza porque la actividad tormentosa en la mitad norte de España es parecida a la de junio, o más intensa, quedando bien marcados de nuevo los máximos del Sistema Ibérico o Pirineos. Sin embargo en la mitad sur la actividad disminuye drásticamente y casi desaparece de toda Andalucía, siendo Ciudad Real o Albacete las provincias más meridionales que muestran actividad apreciable. En el mar Mediterráneo al norte de las Baleares, las tormentas aumentan en importancia con respecto a junio, mientras que al sur del archipiélago siguen siendo escasas. En el Cantábrico aumenta la actividad en este mes, y es importante frente al País Vasco.

Julio es el mes más tormentoso del año en una franja que queda al nordeste de la de junio, abarcando el Sistema Ibérico en su parte más alejada del Mediterráneo, es decir, las sierras del Moncayo o de la Demanda, en las provincias de Burgos, Soria o La Rioja, también en Navarra, la parte del Sistema Central entre Guadalajara y Soria, zonas altas de los Pirineos, puntos del valle del Ebro y montañas de Cantabria o Asturias. Dejando al margen las áreas peninsulares, en zonas marítimas destaca julio como el mes más tormentoso en casi todo el mar Cantábrico, sobre todo en su parte oriental, mientras que en el Mediterráneo no lo es en ningún punto. Como mes menos tormentoso del año, julio destaca en casi todo el Mediterráneo sur, al sur de las islas Baleares, así como en la isla de Menorca. Pero donde más destaca el mes por este motivo es en la costa de Andalucía, llegando hasta la provincia de Murcia. También en la serranía de Ronda, estrecho de Gibraltar, Ceuta, y la parte del golfo de Cádiz más cercana a la península ibérica, en algunos casos alternando con los otros dos meses de verano.

AGOSTO. El último mes del verano se caracteriza porque la actividad tormentosa sigue siendo intensa sobre tierra, pero como novedad, empieza a ser muy importante también sobre el mar, especialmente en el Mediterráneo, algo que será característico del otoño. La suma de actividad peninsular y marítima determina que este mes sea, junto con septiembre, el de mayor número de rayos a nivel general en toda España (el 17 de agosto de 2003, con más de 60 000, ha sido el día que más rayos ha registrado en España en 24 horas, según las efemérides de AEMET). Respecto a julio, disminuyen las tormentas en el oeste de la Península y aumentan en el este, volviendo cierta actividad a Andalucía, tras su desaparición de julio. Pero sin duda, lo más llamativo del mes es la intensa actividad que aparece en el Mediterráneo norte y Cataluña, también en las islas Baleares y como novedad, al sur de las mismas. Destaca un máximo relativo en el interior de Mallorca, asociado a las tormentas originadas a mediodía por el calor y convergencia de las brisas marinas, siendo este el mes en el que se remarcan de forma más llamativa, ya que en septiembre y octubre quedarán enmascaradas por la intensa actividad marina que afecta a todo el archipiélago, y en otros meses, salvo mayo, junio y julio, prácticamente no se dan nunca. Asimismo, en el mapa de agosto destaca un límite bien marcado que va desde Murcia hasta Galicia, y que remarca el contraste entre la fuerte actividad veraniega del norte peninsular y la escasa actividad del sur.

Agosto es el mes más tormentoso del año en las montañas cercanas al Mediterráneo, abarcando todos los sistemas desde los Pirineos hasta las sierras de Murcia o incluso Sierra Nevada, también lo es en el interior de Mallorca y en zonas costeras aisladas de Barcelona, Tarragona, Castellón o Alicante, siempre cerca de montañas. Aparece también este mes como el más tormentoso del año en puntos del Sistema Central, aquí acompañado de junio y julio, y sobre todo en gran parte de las costas de Galicia y Cantábrico, así como en el valle del Ebro y Pirineos. Como mes menos tormentoso, agosto destaca en el Mediterráneo sur, el mar de Alborán y las proximidades del estrecho de Gibraltar, alternando casi siempre con los demás meses de verano.

SEPTIEMBRE. Como ya se ha comentado, septiembre comparte con agosto el hecho de registrar el mayor número de rayos en toda España y el hecho de tener características del verano y del otoño.

Destaca la gran actividad en el Mediterráneo norte, sobre todo entre Cataluña, Valencia y Baleares, tanto en el mar como en la costa y proximidades. La zona marítima y costera de Tarragona, con sus puntos en color rosa, es la que alcanza los máximos absolutos de actividad para un mes en toda el área de estudio. Destaca también en septiembre la progresiva extensión de las tormentas hacia el sur en el Mediterráneo, llegando hasta el estrecho de Gibraltar o mar de Alborán, áreas en las que en meses anteriores apenas había nada. Dentro de la península ibérica la actividad tormentosa de septiembre es parecida a la de mayo, o algo superior, y en el Cantábrico la situación es similar a la de agosto, aunque con valores más bajos.

Septiembre es el mes más tormentoso del año en casi todo el mar Mediterráneo, especialmente en su mitad norte, también en las islas Baleares, excepto el interior de Mallorca, y prácticamente en toda la costa peninsular mediterránea desde Francia hasta el estrecho de Gibraltar, a excepción de zonas puntuales en las que se ve superado por agosto u octubre. Destaca también la extensa área que desde Valencia o Murcia entra hacia el interior, llegando hasta las provincias de Albacete y Cuenca, pasillos por los que el aire mediterráneo entra con facilidad hacia la meseta. Asimismo, septiembre es el mes más tormentoso del año en un área que comparte con el mes de mayo, y que abarca gran parte de la sierra de Gredos, Extremadura y Andalucía. También destaca el mes en zonas de Salamanca, Zamora, Cantabria o La Rioja. Como mes menos tormentoso del año es difícil encontrar representado a septiembre. Únicamente se da esta circunstancia en puntos marítimos frente a Galicia.

4. CARACTERIZACIÓN DE LAS TORMENTAS EN EL SEMESTRE INVERNAL

OCTUBRE. Al igual que septiembre era parecido a mayo en el interior de la Península, octubre es parecido a abril. En ambos meses hay tormentas en el interior peninsular pero son poco importantes en general, a diferencia de lo que ocurrirá en invierno, en que serán prácticamente nulas. No sucede lo mismo en el mar Mediterráneo, islas Baleares y áreas peninsulares de Cataluña y Valencia, zonas

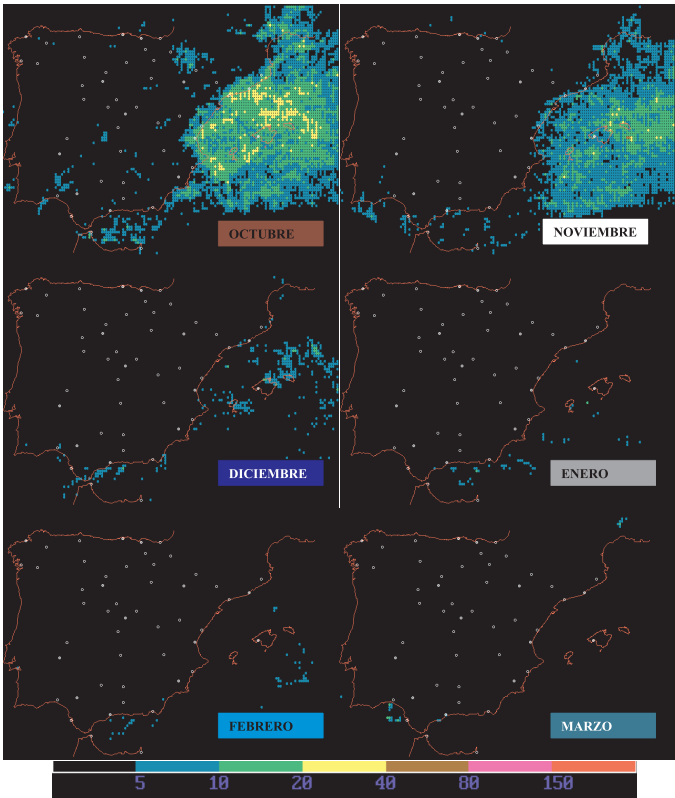


Figura 5. Número medio de rayos por cuadrícula para cada mes (semestre invernal).

en las que la actividad tormentosa sigue siendo intensa, como prolongación de lo acontecido en septiembre, aunque con tendencia a disminuir. Se observan los máximos absolutos del mes en el mar entre Menorca y Barcelona, y también en los alrededores de Ibiza y el golfo de Valencia. Además se remarca bien el contraste entre mar y tierra. En el Cantábrico disminuye drásticamente la actividad, igual que en la península ibérica.

Octubre es el mes más tormentoso del año en una franja que abarca casi todo el Mediterráneo sur, desde el sur de las Baleares hasta las zonas marítimas del sur de Alicante, prolongándose por la costa de Murcia y Almería hasta Ceuta y Melilla. También en parte de la costa y mar de Huelva. Asimismo, es el mes más tormentoso del año en toda la costa y alta mar del Atlántico frente a Portugal. Y como mes menos tormentoso del año es difícil encontrar a octubre, igual que ocurría con septiembre. Únicamente se ve que esto ocurre cerca de la costa de Asturias y Cantabria.

NOVIEMBRE. El mes de noviembre se parece al de octubre, aunque con valores de actividad tormentosa más bajos. En el mar Mediterráneo sigue habiendo tormentas, si bien los máximos se sitúan cada vez más hacia el sureste, de manera que la zona más activa es ahora el sureste de Menorca, y en general hay más tormentas cuanto más al sur, a diferencia de lo que ocurría en meses anteriores. Continúa la actividad también en el mar de Alborán, estrecho de Gibraltar y aumenta por el golfo de Cádiz y tierras interiores cercanas. Dentro de la península ibérica ya no hay casi tormentas, excepto en áreas cercanas a la costa de Cataluña y Valencia, así como en el País Vasco, aquí debido a las células tormentosas originadas en entradas de aire frío. En las islas Baleares destaca Menorca como la isla más tormentosa, seguida de Ibiza, mientras que en Mallorca se acusa un notable descenso respecto a octubre, quedando marcado un mínimo en su interior debido al pequeño aunque no despreciable efecto continental de la isla.

Noviembre es el mes más tormentoso del año en una franja del Mediterráneo que queda al sur de la de octubre y abarca menos extensión, localizándose en zonas más cercanas a Argelia que a España. También destaca como el mes más tormentoso del año en el golfo de Cádiz. Como mes menos tormentoso, destaca noviembre especialmente en el curso bajo del valle del Duero.

DICIEMBRE. El primer mes del invierno muestra poca actividad, únicamente en el entorno de las islas Baleares, sobre todo en Menorca y norte de Mallorca, áreas en las que son típicas las tormentas cuando irrumpe el característico viento de tramontana, de componente norte, un aire frío que levanta con violencia el relativamente cálido aire del Mediterráneo. También algo en Ibiza, golfo de Valencia y costas de todo el Mediterráneo. Dentro de la península ibérica no hay prácticamente nada, salvo en el entorno del estrecho de Gibraltar.

Diciembre, a pesar de ser un mes frío, es el más tormentoso del año en un área relativamente extensa que abarca la zona de Tarifa, Gibraltar, y parte de la costa de Cádiz, Málaga o Almería, así como puntos aislados del Mediterráneo muy al sur. Y como mes menos tormentoso del año, diciembre destaca en áreas repartidas por el interior peninsular, alternando con los demás meses de invierno, lo cual es lógico dado que, siendo la actividad tormentosa escasa en esta época, los valores de número de rayos son parecidos y cercanos a cero. En todo caso destaca diciembre en las zonas interiores bajas de Asturias, Cantabria o País Vasco, así como en los Pirineos orientales. Llama la atención también que aparezca como mes de mínima actividad en el interior de Murcia y Almería, precisamente porque cerca de allí en el mar hay puntos que destacan por lo contrario.

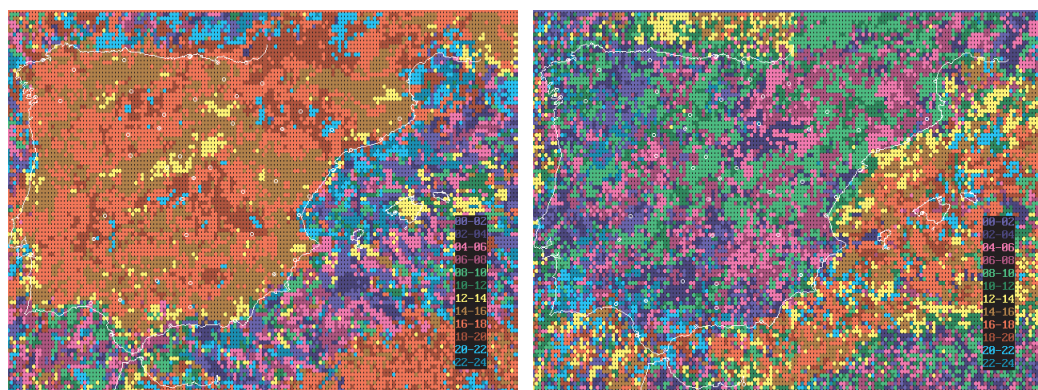


Figura 6. Intervalo horario de máxima (a la izquierda) y mínima (a la derecha) actividad tormentosa.

ENERO. En el mes más frío del año, las tormentas lógicamente son muy escasas. Únicamente hay algo de actividad en el Mediterráneo sur, y sobre todo en el mar de Alborán y costas de Málaga, Granada, Almería o Murcia. Dentro de la península ibérica las tormentas son excepcionales, y las pocas que hay presentan un escaso número de rayos, por lo cual no aparecen puntos en el mapa.

Enero es el mes más tormentoso del año en áreas marítimas muy localizadas frente a Almería. También en puntos muy al sur en el Atlántico, en cierto modo siguiendo la tendencia a lo que ocurre en las islas Canarias que, a pesar de que no entran dentro de este trabajo, comentar que su estación más tormentosa del año suele ser el invierno. Como mes menos tormentoso del año sí destaca enero en la mayoría de la Península, especialmente en zonas no montañosas, alternando en menor medida con sus meses correlativos. También destaca en puntos del Mediterráneo norte, junto con febrero y marzo, y en el interior de Mallorca, debido al efecto continental de la isla.

FEBRERO. El mes de febrero es incluso menos tormentoso aún que enero ya que, siendo el invierno una época de tormentas casi exclusivamente marinas, es lógico que el mínimo anual se dé en el mes que climatológicamente registra la menor temperatura del agua del mar. La escasa actividad que hay se da en el mar frente a Málaga, Granada o Almería, y al este de las Baleares.

Febrero es el mes más tormentoso del año en puntos aislados del mar frente a Málaga y Granada, aunque, al igual que sucedía en enero, es probable que con una muestra de años más amplia apareciese un dato distinto a este, al tratarse de zonas que de por sí tienen poca actividad anual. Y como mes menos tormentoso sí destaca febrero en amplias zonas del interior peninsular, especialmente en áreas montañosas y tierras altas en general. Destacan especialmente la Cordillera Cantábrica, Pirineos y las montañas próximas al Mediterráneo, incluyendo la sierra de Tramontana, en Mallorca. También destaca como menos tormentoso en gran parte del Mediterráneo norte, especialmente en zonas cercanas a la Península y en las costas, sobre todo de Tarragona y Castellón, así como en gran parte del mar Cantábrico.

MARZO. Finalizamos el ciclo anual con el primer mes de primavera, que es también de escasa actividad tormentosa y destaca porque es el único que no muestra puntos en el Mediterráneo. Dentro de la Península empiezan a surgir tormentas asociadas al calor, pero son tan débiles que no tienen reflejo en el mapa. Lo que sí destaca es un repunte de actividad tormentosa en el golfo de Cádiz, así como en las costas de Huelva, Cádiz y Málaga. Toda esta actividad de Andalucía se verá incrementada en abril, pero más asociada ya a zonas de interior que a zonas marinas.

Marzo aparece como el mes más tormentoso del año en la costa y mar cercano a Cádiz y Huelva, así como en las marismas del Guadalquivir. También en puntos aislados del mar frente a A Coruña. Como mes menos tormentoso destaca marzo en la mayor parte del Mediterráneo norte y en casi toda la costa peninsular desde Almería hasta Girona, así como en parte de las islas de Ibiza y Mallorca, y en sus zonas marítimas que no queden al sur, en algunos casos mezclado con abril.

Una vez vista la evolución de las tormentas siguiendo el ciclo anual, veremos a continuación la evolución siguiendo el ciclo diario, es decir, veremos la evolución por horas (siempre hora UTC), considerando un único valor horario para todo el año, independientemente de la época. Se toman intervalos de dos horas para obtener la máxima precisión sin extenderse demasiado en la información. Se mencionará en cada uno de los intervalos horarios, aparte de otros aspectos de interés, qué zonas geográficas tienen a dicho intervalo como el más tormentoso del día y las que lo tienen como el menos tormentoso, complementándose este apartado con los mapas de la figura 6.

5. CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD TORMENTOSA DURANTE LA MADRUGADA Y LA MAÑANA

00-02 UTC. En este intervalo de horas destaca la gran actividad tormentosa en el triángulo marítimo situado entre Cataluña, Valencia y Baleares, con un apéndice que, sorteando el cabo de la Nao, se expande hacia zonas más al sur. También hay tormentas por el valle del Ebro y Pirineos, como prolongación de la actividad diurna. En el resto de zonas, las tormentas son escasas. Las zonas que destacan por tener la máxima actividad a estas horas son puntos muy al interior del mar Mediterráneo. Destaca especialmente el apéndice citado anteriormente, una franja al sur de Ibiza que es paralela a la costa peninsular entre Valencia y Murcia, a unos 100 km de distancia de tierra. También una zona de alta mar entre Menorca y Barcelona. Por el contrario, las áreas que tienen su menor actividad a estas horas son los Montes de León, Sierra Morena, y zonas montañosas de Extremadura y Andalucía.

02-04 UTC. En las horas del final de la madrugada hay poca diferencia con el intervalo anterior, siguiendo la gran actividad en el Mediterráneo norte y la escasa en la península ibérica, salvo Pirineos y valle del Ebro, donde sigue siendo apreciable. Las zonas que tienen este intervalo horario como el más tormentoso del día siguen siendo áreas muy al interior del mar Mediterráneo, como la

que equidista de Alicante y de Argelia, y sobre todo, destacan la isla de Menorca y su entorno. También gran parte de la costa de Almería. Por el contrario, las zonas con mínima actividad a estas horas son básicamente los Montes de Toledo, Sierra Morena occidental, Sierra Ministra y zonas montañosas cerca del Mediterráneo en el sur de la Península.

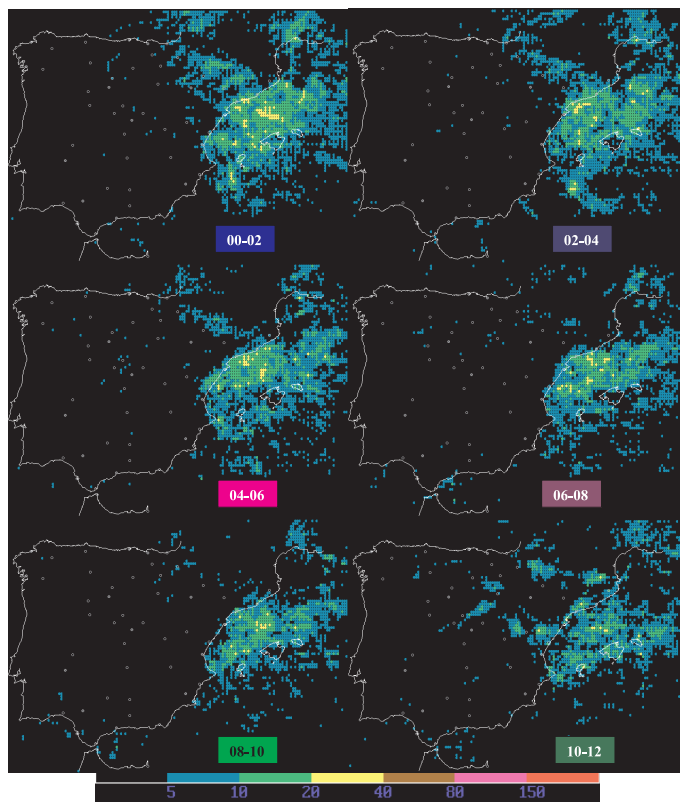


Figura 7. Número medio de rayos anuales por cuadrícula para cada intervalo de dos horas (madrugada y mañana).

04-06 UTC. En torno al amanecer sigue habiendo actividad importante en el Mediterráneo norte, con poca diferencia con los intervalos anteriores, y escasa actividad en la península ibérica, aunque destaca un ligero repunte en el Sistema Central. Destaca por lo contrario, el hueco de actividad en el interior de Mallorca, que también se daba en el intervalo anterior, debido al efecto continental de la isla. Las zonas que tienen este intervalo horario como el más tormentoso del día son fundamentalmente las del Mediterráneo sur, al sur de las Baleares, aunque también se aprecian puntos muy al norte, en el golfo de León. Asimismo, destaca una zona marítima en el golfo de Cádiz. Y las áreas que tienen este intervalo como el menos tormentoso del día son los grandes sistemas montañosos, como los Pirineos, Sistema Ibérico, sistemas Bético y subbéticos, así como el oeste del Sistema Central y zonas de la Cordillera Cantábrica.

06-08 UTC. En estas horas sigue la gran actividad en el Mediterráneo norte, aunque cada vez menor. En la Península continúa la escasa actividad, con repuntes en el estrecho de Gibraltar, costa de Málaga y zonas al oeste de Zamora. Las áreas que tienen este intervalo como el más tormentoso del día son sobre todo el golfo de Cádiz, especialmente en su parte occidental y en alta mar, también parte de la costa de Málaga, estrecho de Gibraltar y zonas de alta mar en el Mediterráneo sur, sobre todo frente a Murcia y Almería. Y las zonas que tienen este intervalo como el menos tormentoso del día son sobre todo los grandes valles peninsulares y también el interior llano de Valencia.

08-10 UTC. A media mañana sigue habiendo actividad importante en el Mediterráneo norte, aunque claramente disminuyendo, sobre todo en las costas. Dentro de la Península las tormentas son aún escasas, salvo en zonas de Andalucía, y empiezan a surgir tímidamente en las montañas del norte, sobre todo en el País Vasco, Navarra, La Rioja, Burgos y Soria. Las zonas que tienen este

intervalo como el más tormentoso del día son fundamentalmente la costa de Cádiz y Huelva, así como áreas marítimas e interiores próximas. También puntos más al interior como la serranía de Ronda, y áreas dispersas en todo el mar Mediterráneo, siendo la más destacable la que hay en la costa y mar frente a Murcia. Por el contrario, las áreas cuyo intervalo menos tormentoso del día es este son casi todo el interior peninsular, especialmente zonas altas no montañosas, y también gran parte del valle del Ebro e interior de Galicia.

10-12 UTC. En las horas del final de la mañana y en torno al mediodía, lo más destacable es la aparición muy nítida de actividad tormentosa en los principales sistemas montañosos, es decir, el Sistema Ibérico, Pirineos y Sistema Central. En la Cordillera Cantábrica no se nota tanto este repunte. En el Mediterráneo norte sigue la actividad, cada vez menos importante, y destaca el gran aumento en la isla de Mallorca, por la convergencia de las brisas marinas. Las áreas que tienen este intervalo horario como el más tormentoso del día son puntos de mar o de tierra frente a Granada, y sobre todo destaca el canal de Menorca (entre esta isla y Mallorca), y también amplias zonas marítimas al este de Menorca. Por el contrario, este intervalo es el menos tormentoso del día en valles del oeste de la península ibérica, aunque también del este, como el del Segre, en Lleida. También la Cordillera Cantábrica oriental, y la costa y mar cercanos a Valencia, Castellón y Tarragona.

6. CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD TORMENTOSA POR LA TARDE Y POR LA NOCHE

12-14 UTC. Tras el mediodía es cuando realmente surgen con fuerza las tormentas en todos los sistemas montañosos, que quedan muy bien delimitados en el mapa. También el interior de Mallorca y en general las zonas marítimas que rodean el archipiélago son activas a estas horas, pero no las de alta mar entre aquí y Cataluña, tan llamativas en horas anteriores. Destaca, por lo contrario, la nula actividad en el mar Cantábrico. Las zonas que tienen este intervalo horario como el más tormentoso del día son la parte central y más alta de los sistemas montañosos, ya que es ahí donde primero suele aparecer la actividad asociada al calentamiento diurno, y también las montañas próximas al Mediterráneo y el interior de la isla de Mallorca. También destaca una amplia zona marítima al sur de Menorca. Por el contrario, las áreas que tienen este intervalo horario como el menos tormentoso del día son casi todas las zonas marítimas cercanas a la costa peninsular, tanto en el Mediterráneo como en el Atlántico y Cantábrico.

14-16 UTC. A primeras horas de la tarde sigue la actividad tormentosa importante en los sistemas montañosos y empieza a extenderse a zonas próximas, de manera que ya solo quedan huecos de escasa actividad en la parte central de los valles del Duero, Tajo y Ebro. También en el tercio sur de Andalucía y en zonas llanas de Alicante y Murcia, en contraste con sus áreas de montaña. En el Mediterráneo disminuye notablemente la actividad, que todavía persiste en el interior de Mallorca y alrededores, y en el mar Cantábrico empieza tímidamente a surgir, sobre todo en las costas. Las zonas que tienen este intervalo como el más tormentoso del día son las que rodean a los sistemas montañosos, como si hubiese una expansión en todas las direcciones de lo que se originó en su parte central a mediodía. En las montañas de las zonas mediterráneas ocurre lo mismo, pero con una expansión desde la costa hacia el interior, siguiendo el avance de las brisas marinas.

16-18 UTC. A media tarde es cuando más extendida está la actividad tormentosa por toda la península ibérica, tanto en zonas de montaña como en áreas llanas, comenzando a tener mayor protagonismo en estas últimas. Sigue la actividad escasa en el tercio sur de Andalucía y destaca también la desaparición en el interior de Mallorca, isla capaz de originar tormentas terrestres a mediodía por convergencia de brisas, pero no por la tarde, con brisas más débiles y una isla más fresca tras haber recibido el aporte de aire marino, de manera que ahora se comporta como si fuese parte del mar. En el Mediterráneo norte comienza de nuevo a haber tormentas importantes, aunque de momento solo cerca de las costas. Las zonas que tienen este intervalo horario como el más tormentoso del día son las dos mesetas y en general las tierras altas no montañosas de toda la Península. También destacan áreas marítimas que quedan al nordeste de zonas de tierra, como por ejemplo gran parte del mar Cantábrico cercano a la costa y puntos del Mediterráneo donde se cumple dicha condición (Girona o Alicante), aunque no en todas, todo ello probablemente debido al avance hacia el nordeste de las tormentas originadas sobre tierra, dirección de avance que es la predominante para las grandes tormentas. Por el contrario, casi todo el mar Mediterráneo, y las islas de Mallorca e Ibiza tienen este intervalo horario como el menos tormentoso del día.

18-20 UTC. A final de la tarde y el comienzo de la noche sigue la actividad tormentosa importante en toda la península ibérica, aunque claramente menor que en el intervalo anterior. En el Mediterráneo norte hay gran actividad cerca de la Península, y sigue siendo escasa en Baleares y sus

alrededores. También hay actividad en el Cantábrico oriental, la cual ya se daba en el intervalo anterior. Las zonas que muestran la máxima actividad del día en este intervalo horario son fundamentalmente los grandes valles y áreas equidistantes de sistemas montañosos. Así, tenemos una amplia franja en el valle del Ebro, puntos del valle del Duero, áreas del oeste y este de Madrid, una zona extensa de Cuenca y Albacete, y puntos muy al interior entre sierras de Andalucía y Extremadura. También una amplia zona en la parte oriental del País Vasco y del mar Cantábrico. Por el contrario, gran parte del mar Mediterráneo meridional y oriental, el este de la isla de Mallorca y el canal de Menorca muestran a estas horas su menor actividad del ciclo diurno.

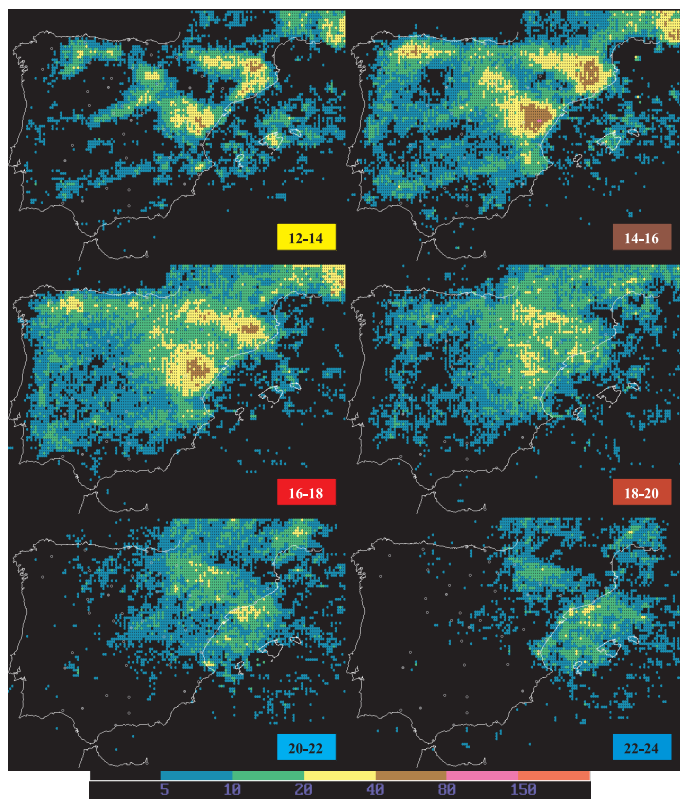


Figura 8. Número medio de rayos anuales por cuadrícula para cada intervalo de dos horas (tarde y noche).

20-22 UTC. En las horas del comienzo de la noche se observa la progresiva disminución de las tormentas sobre la península ibérica, especialmente en su zona oeste, y el aumento en el Mediterráneo. Dentro de la Península, el mapa en cierto modo es complementario al del intervalo 12-14 UTC, ya que ahora la actividad es sobre todo en zonas no montañosas. Destacan las dos mesetas, áreas de Extremadura y especialmente el valle del Ebro, ahora muy activo. Las áreas del Sistema Ibérico oriental que tantas tormentas tenían por la tarde, ahora presentan un mínimo relativo. Pero lo más destacable es la intensa actividad en el Mediterráneo norte, que poco a poco va alcanzando las Baleares. También es muy intensa la actividad en el golfo de Valencia y en torno al cabo de la Nao. Las zonas que muestran su máxima actividad a estas horas son la parte central de grandes valles como el Ebro, Duero o Tajo, así como las confluencias de ríos o los grandes embalses, tales como el de Alarcón en Cuenca o el de Entrepeñas, en Guadalajara, pero especialmente destacan el mar Mediterráneo cercano a la costa, sobre todo en el área entre Valencia, Cataluña y Baleares. También el mar Cantábrico lejano de la costa. Por el contrario, las zonas con mínima actividad a estas horas son el interior de Andalucía occidental cercano a la costa, el estrecho de Gibraltar, y también la isla de Menorca y las zonas marítimas próximas.

22-24 UTC. Finalmente, en torno a medianoche las tormentas son importantes en el área marítima de Cataluña-Valencia-Baleares, con un desplazamiento general hacia las islas, que ahora sí muestran

una gran actividad. Dentro de la Península hay gran actividad en Cataluña y en el golfo de Valencia, y algo menos en los Pirineos, el valle del Ebro y Navarra. También queda cierta actividad por el área no montañosa de Madrid y Guadalajara, en ambas mesetas y en la serranía de Cuenca. En el oeste de la Península y en Andalucía prácticamente no queda nada ya. Las zonas que tienen el intervalo 22-24 UTC como el más tormentoso de la jornada son fundamentalmente las de la mitad oeste de las islas Baleares, y también zonas marinas cerca de Valencia, Castellón y Tarragona. Dentro de la península ibérica solo se ve un punto aislado por la sierra del Moncayo. Y las áreas con la mínima actividad a estas horas son básicamente las sierras del sur de Andalucía, especialmente la serranía de Ronda.

7. CONCLUSIONES

En este artículo se ha visto cómo se comporta en líneas generales la actividad tormentosa en la península ibérica y alrededores, tanto espacial como temporalmente. Se ha podido ver la importancia del ciclo diurno y del ciclo anual en la generación de las mismas, siguiendo unos patrones determinados. No quiere ello decir que las tormentas se den siempre siguiendo dichos patrones, sino simplemente que son los más habituales y, por tanto, los que quedan mejor reflejados en los mapas que, no hay que olvidar, representan valores medios de una muestra de 20 años. Para tener una idea general del comportamiento de la actividad tormentosa hay que hacer una valoración de todos los mapas en conjunto, no de algunos en particular, pues puede haber resultados engañosos. Así, por ejemplo, hay zonas, sobre todo marítimas, que tienen poca actividad tormentosa en general y además se reparte entre muchos meses del año y entre muchas horas distintas del día, por lo que cada mapa individual aparentemente muestra actividad escasa o nula, en contraposición con áreas de interior, en las que las tormentas son casi exclusivamente a determinadas horas y en determinados meses, por lo que algunos mapas individuales presentan valores muy altos. También la propia selección de los intervalos horarios puede ocasionar interpretaciones erróneas, y así por ejemplo, aparentemente habrá actividad más intensa en aquellas zonas que concentren casi toda su actividad en el intervalo 14-16 UTC, frente a aquellas que la concentren en el intervalo 15-17 UTC, el cual quedará reflejado en los mapas de 14-16 UTC y el de 16-18 UTC, con valores relativamente bajos en ambos mapas. Lo mismo puede ocurrir en el reparto de la actividad por meses.

En todo caso, creo que se muestra una idea muy aproximada de la distribución espacio-temporal de las tormentas, que probablemente muchos de los lectores de este artículo en gran parte ya conocían por sus propias observaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- PÉREZ PUEBLA, F., 2004. Cooperación entre las redes de rayos de España y Portugal. XXVIII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española (AME). Badajoz. www.ame-web.org.
- PÉREZ PUEBLA, F., 2005. El valor de la información sobre electricidad atmosférica. *Revista AMBIENTA*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. http://www.mma.es/portal/secciones/biblioteca_publicacion/publicaciones/revista_ambienta/n49/index.htm.
- PÉREZ PUEBLA, F. y C. ZANCAJO RODRÍGUEZ, 2008. Los niveles de la actividad eléctrica atmosférica en España. XXX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española (AME). www.ame-web.org.
- PÉREZ PUEBLA, F. y C. ZANCAJO RODRÍGUEZ, 2013. La frecuencia de las tormentas eléctricas en España. *Revista de la Asociación Meteorológica Española*, Vol. 5. <http://pkp.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/372/368>.
- PÉREZ PUEBLA, F., C. ZANCAJO RODRÍGUEZ y J. GONZÁLEZ MÁRQUEZ, 2007. Aproximaciones al concepto de tormenta eléctrica. En: *Calendario Meteorológico de 2008*. Instituto Nacional de Meteorología.